



(19)

Generated Document.
(11) Publication number:

62120510 A

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(21) Application number: 60259895

(51) Intl. Cl.: G05D 1/02

(22) Application date: 21.11.85

(30) Priority:

(43) Date of application
publication: 01.06.87

(84) Designated contracting
states:

(71) Applicant: HITACHI LTD
(72) Inventor: SHIOKAWA JUNJI
OGASAWARA HITOSHI
(74) Representative:

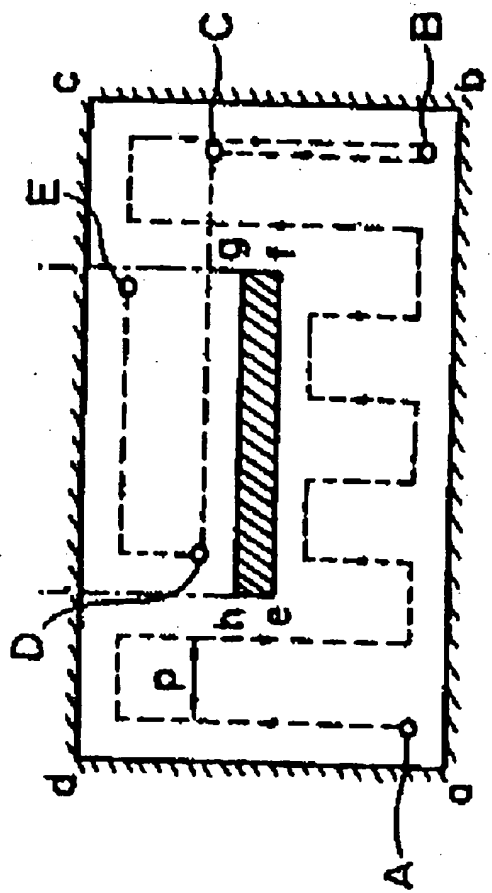
(54) CONTROL METHOD FOR AUTOMATIC CLEANER

(57) Abstract:

PURPOSE: To attain the complete cleaning by driving zigzag an automatic cleaner within a room for production of a map showing the cleaned areas and a map showing the positions of obstacles and moving the cleaner to the nucleated areas for zigzag drive as soon as said both maps are produced.

CONSTITUTION: A room to be cleaned is enclosed by walls (ab, bc, cd and da) and an obstacle limited by sides (ef, fg, gh and he) exists in this room. An automatic cleaner is started at a start point A and moved straight and inverted at the side (cd) with a prescribed shift equal to pitch width (p). This inversion is carried out every time the cleaner gets close to walls or the obstacle. Then the driven areas are stored for production of a map to show the cleaned areas and a map to show the position of the obstacle. An uncleaned area is detected out of the map at a point B and a specific point D is decided. Then a route of points B-C-D is calculated and the cleaner is shifted to the point D. Thus the cleaner is driven zigzag in the same way. In such a way, the room can be completely cleaned.

COPYRIGHT: (C)1987,JPO&Japio



⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭62-120510

⑬ Int.Cl.⁴

G 05 D 1/02

識別記号

庁内整理番号

G-7052-5H

⑭ 公開 昭和62年(1987)6月1日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全12頁)

⑮ 発明の名称 自動掃除機の制御方法

⑯ 特 願 昭60-259895

⑰ 出 願 昭60(1985)11月21日

⑱ 発 明 者 塩 川 淳 司 横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所家電研
究所内

⑲ 発 明 者 小 笠 原 均 横浜市戸塚区吉田町292番地 株式会社日立製作所家電研
究所内

⑳ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉑ 代 理 人 弁理士 武 顕次郎 外1名

明 細 書

1. 発明の名称

自動掃除機の制御方法

2. 特許請求の範囲

掃除部、駆動部、障害物検出部、位置検出部、演算制御部、記憶部および入出力部を備えた自動掃除機を自律走行させて、障害物のある室内を掃除させるようにした制御方法において、直進走行させるとともに、前記障害物検出部の検出データをもとに壁や障害物で所定ピッチをもつて走行方向を転換させて前記自動掃除機をジグザグ走行させ、かつ前記自動掃除機の走行にともなつて前記位置検出部の検出データと前記障害物検出部の検出データとで掃除した領域を表わす地図と壁や障害物の位置を表わす地図とを作成し、前記掃除機の走行終了とともに、これら地図から前記障害物などによつて生じた未掃除領域を検出し、該未掃除領域に前記掃除機を移動させてジグザグ走行させることを特徴とする自動掃除機の制御方法。

3. 発明の詳細な説明

(発明の利用分野)

本発明は、自律走行して掃除を行う自動掃除機に係り、特に障害物のある室内を無駄なく掃除するに好適な自動掃除機の制御方法に関する。

(発明の背景)

自律走行をして掃除を行う自動掃除機の一例として、例えば特開昭55-97608号に開示されるものがある。この従来例では、直進中超音波送受信機を用いて前方の障害物を検知すると、1ピッチずれて180°方向を変えて、また直進するという走行をくり返し、壁際まで来て掃除を完了するというものであつた。しかし、この方法では、室内に障害物がある場合、それをくまなく掃除することができないという欠点があつた。

(発明の目的)

本発明の目的は、上記従来技術の欠点を解消し、障害物が置かれていても、室内の掃除を自律的にくまなく行なうことを可能とした自動掃除機の制御方法を提供するにある。

(発明の概要)

この目的を達成するために、本発明は、壁や障害物を検知しつつ直進走行と壁や障害物での走行方向の転換を繰り返して自動掃除機をジグザグ走行させ、かつ、該走行とともに、該掃除機が掃除した領域の地図と壁や障害物の位置を示す地図を形成し、該掃除機が走行することができなくなったときに、障害物などによつて生じた未掃除領域を該地図から検出し、該掃除機を未掃除領域に移動させてジグザグ走行させるようにした点に特徴がある。

(発明の実施例)

以下、本発明の実施例を図面を用いて説明する。

第1図は本発明による自動掃除機の制御方法の一実施例を処理手順で概略的に示した流れ図である。また第2図は障害物が置かれた室内をこの実施例によつて自動掃除機が移動する走行軌跡を示した模式図であつて、掃除すべき室内は夫々壁である辺 \overline{ab} , \overline{bc} , \overline{cd} , \overline{da} で囲まれた領域であり、この室内に辺 \overline{ef} , \overline{gh} , \overline{ij} で囲まれる障害物があるものとする。

除エリア)があるかどうかを検索する。この場合自動掃除機は、自己が移動した横方向、縦方向の最大の範囲を判定し、これら範囲で決まる4角形の領域を掃除すべき領域とし、この掃除すべき領域から実際に掃除した領域を除いた領域を未掃除エリアと判定する。第2図では、自動掃除機が横方向にaからbまで移動し、また、縦方向にaからdまで移動するから、頂点a, b, c, dで決まる4角の領域が掃除すべき領域であり、頂点e, f, g, hで決まる4角の領域が未掃除エリアである。そして未掃除エリアが見つかり、次に、壁や障害物の位置を表わす地図からそのエリアに障害物があるか否かを検索する。そして、そこに障害物があれば、未掃除エリアから障害物を除いた領域を実際に掃除すべきエリアとする。未掃除エリアが無ければ制御を終了し、未掃除エリアがあれば制御を処理104に移す。第2図では、実際に掃除すべき未掃除エリアは頂点h, g, j, iで決まる4角い領域である。

処理104: まず、未掃除エリアの特定な地点D

第1図に示した実施例の処理手順を、第2図の模式図と照らし合わせて説明する。

処理101: まず、自動掃除機を、出発地点Aより出発させて直進させる。この自動掃除機が辺 \overline{cd} でまわす壁際まで来ると、これを一旦停止させる。そして、自己の走行(掃除)していない方側へ所定のピッチ幅 p ずらして方向を反転させ、逆方向へ直進させる。この走行方向の反転は壁や障害物に近づく毎に行なわせ、直進走行と方向反転とをくり返えさせる。

処理102: 処理101に於て、壁際などで停止後、ピッチ p だけずれる事ができなくなると(すなわち、地点Bに来た時)、行き止まりと判定し、処理103へと制御を移す。

この地点Aから地点Bへの移動の間に、自動掃除機は、自ら走行(掃除)した領域を記憶し、さらに障害物や室内の壁の位置情報を記憶して掃除した領域の地図や、壁、障害物の地図を形成する。

処理103: まず、自己の掃除した領域を表わす地図をもとに、まだ掃除をしていない領域(未掃

を決定し、停止地点Bから移動するこの地点Dまでの走行経路を算出する。ここで、地点B-地点C-地点Dの経路を算出したとすると、自動掃除機を、この算出した経路に従つて誘導し、地点Dへ到達後、処理101の制御を行なう。そして再び以上の処理をくり返す。

以上の手順で制御を行えば、自動掃除機は室内をくまなく動いて掃除を行う事ができる。

次に、このように制御可能な自動掃除機について説明する。

第3図は、この自動掃除機の構成を示す側断面図、また、第4図は第3図におけるA-A'線断面図であり、1は自動掃除機、2, 3は車輪、4, 5は車輪軸、6, 7は車輪2, 3を駆動するモータ、8, 9はモータ6, 7の回転数を低減する減速機、10, 11は車輪2, 3の回転数を計測するためのロータリエンコーダ、12, 13, 14, 15, 16, 17は減速機8, 9とロータリエンコーダ10, 11をそれぞれ車輪軸4, 5に結合する傘歯車、18, 19はモータ6, 7の回転速度を電気信号に変換するタ

コジエネレータ、20、21はタコジエネレータ18、19より出力される電気信号をもとにモータ6、7の速度を制御する速度制御装置、22は掃除機の吸口部、23は真空掃除機本体、24は自動掃除機1のヨー角速度を検出するためのジャイロ装置、25は回転しながら超音波を送受信して自動掃除機1と障害物や壁までの距離と方位を測定できる、いわゆるレーダの構成を成す障害物検出装置、26は走行制御を行う制御装置、27は全システムに電力を供給する蓄電池である。

同図において、制御装置26は障害物検出装置25、ジャイロ装置24、ロータリエンコーダ10、11からのデータを処理して、自動掃除機1の位置、方位及び障害物、壁の位置などを検出して記憶し、かつ上記の位置、方位などの情報をもとに、予め入力してある掃除走行プログラムを実行するためのマイクロプロセッサ(CPU)、掃除走行プログラムを記述したROM、変数や、自動掃除機1が掃除した領域を表わす地図(以下、掃除地図という)、壁や障害物の位置を表わす地図(以下、障

害物地図という)を一時的に蓄えておくRAM、入出力信号処理回路(インターフェース)から構成されたものである。

また、第5図は、第3図に示した自動掃除機のシステムブロック図であつて、26aは制御装置26のCPUで、ROM26bに記憶された走行制御プログラムを呼びだし、プログラムに従つて処理を実行する。26cは変数や走行制御に必要な地図を一時的に記憶しておくRAMである。26dは制御装置26に接続された外部の周辺機器からの信号をCPU26a内に取り込むための電気信号に変換し、また、CPU26aから出力される電気信号を外部機器に入力するための電気信号に変換するためのインターフェース回路である。

次に、自動掃除機1の走行中における、自己位置の計測と障害物の位置計測方法について簡単に説明する。

第6図は自動掃除機1がX-Y座標系を移動している状態を示す模式図である。ここでは、説明を簡単にするために、車輪2と車輪3だけを示し、

これらの中間点の位置を自動掃除機の位置とする。

同図において、自動掃除機1がある時刻で地点 (X_{i-1}, Y_{i-1}) にあり、方位角が θ_{i-1} であるとし、単位時間 Δt 経過したのち、地点 (X_i, Y_i) に移動して方位角が θ_i になつたとする。また、左車輪2の単位時間 Δt の移動距離を ΔL_{L1} とし、右車輪3の移動距離を ΔL_{R1} とすると、単位時間 Δt における自動掃除機1の変位角 $\Delta \theta_i$ 、および移動距離 ΔL_i は、次式で表わされる。

$$\text{移動距離 } \Delta L_i = \frac{\Delta L_{L1} + \Delta L_{R1}}{2} \quad \dots (1)$$

$$\text{変位角 } \Delta \theta_i = \Delta \omega \theta \cdot \Delta t \quad \dots (2)$$

ここでの角度 θ は反時計まわりを正方向とし、 $\Delta \omega \theta$ は移動車の単位時間 Δt における旋回角速度である。

従つて、自動掃除機1が地点 (X_{i-1}, Y_{i-1}) に達するまでの移動距離を L_{i-1} 、地点 (X_{i-1}, Y_{i-1}) と地点 (X_i, Y_i) の直線距離を ΔL と

すると、単位時間 Δt 経過した時の全移動距離 L_i 、方位角 θ_i 、および地点 (X_i, Y_i) は夫々次式で表わされる。

$$\text{全移動距離 } L_i = L_{i-1} + \Delta L_i \quad \dots (3)$$

$$\text{方位角 } \theta_i = \theta_{i-1} + \Delta \theta_i \quad \dots (4)$$

$$\begin{aligned} \text{座標} \quad \left[\begin{aligned} X_i &= X_{i-1} - \Delta L \cdot \sin \left(\theta_{i-1} + \frac{\Delta \theta_i}{2} \right) \\ Y_i &= Y_{i-1} + \Delta L \cdot \cos \left(\theta_{i-1} + \frac{\Delta \theta_i}{2} \right) \end{aligned} \right. \quad \dots (5) \end{aligned}$$

従つて、自動掃除機1の初期地点 (X_0, Y_0) と初期方位 θ_0 が明らかであれば、自動掃除機1の任意の地点 (X_i, Y_i) および方位角 θ_i は、初期地点より累積する事より次式で表わされる。

$$X_i = X_0 + \sum_{n=1}^i \Delta X_n \quad \dots (7)$$

$$Y_i = Y_0 + \sum_{n=1}^i \Delta Y_n \quad \dots (8)$$

$$\theta_i = \theta_0 + \sum_{n=1}^i \theta_n \quad \dots (9)$$

但し、 Δt は微小であるとする。

上記の式において、左右の車輪 2, 3 の移動距離 ΔL_{2i} , ΔL_{3i} はロータリエンコーダ 10 と 11 のパルス数をカウントする事により、また、角速度 $\Delta \omega_i$ はジャイロ 24 の出力から得る事ができる。

また、第 6 図において、障害物検出装置 25 が、座標 (X_i, Y_i) にあつた障害物を検出したとする。なお、障害物検出装置 25 は、指向性の強い超音波ビームを発進し、障害物に当たつてはね返ってくる超音波を受信するもので、超音波ビームが壁や障害物の面に対して垂直に当たつた場合あるいは壁や障害物のコーナ部に当たつた場合のみ受信するレーダの構成をなすものである。

第 6 図に示す様に、自動掃除機 1 の方位角が θ_i の時点で、自動掃除機 1 から角度 α 、距離 L_i の

場所に検出された障害物の座標 (X_i, Y_i) は次式をもつて与えられる。

$$\begin{cases} X_i = X_0 - L_i \sin(\theta_i + \alpha) & \dots 00 \\ Y_i = Y_0 + L_i \cos(\theta_i + \alpha) & \dots 00 \end{cases}$$

なお障害物までの距離 L_i は、超音波ビームを発信してから受信するまでの時間を計測する事により得られる。超音波ビームの伝播速度を V_{us} 、送信して受信するまでの時間を t_{rc} とすると、障害物までの距離 L_i は

$$L_i = \frac{t_{rc}}{2} \cdot V_{us} \quad \dots 02$$

で示される。また、角度 α は、車輪回転数を計測するロータリエンコーダ 10、又は 11 と同じものを、障害物検出装置 25 の回転軸に連結しておけば、容易に得る事ができる。

次に、障害物地図、および掃除地図の作成方法を説明する。

第 7 図は、制御装置 26 の RAM 26c のメモリエリアであり、Ad1, Ad2, Ad3 はメモリに割り当てられた番地を示すもので、Ad1 は先に示した自動掃除機 1 の自己位置計測や障害物計測の計算のために一時的にデータや変数を記憶しておくための変数エリアの先頭番地である。Ad2 は障害物地図の記憶に割り当てられたメモリエリアの先頭番地である。また、Ad3 は掃除地図の記憶に割り当てられたメモリエリアの先頭番地である。第 8 図は第 7 図における地図を記憶するメモリエリアの拡大図、第 9 図はこのメモリエリアに掃除地図を形成して格納する方法を示す模式図である。

第 7 図に示す掃除地図や障害物地図を格納する RAM 26c のメモリエリアは、第 8 図に示す様に、X 方向に H 個、Y 方向に V 個ずつ区分された一辺 Δa の正方形の多数の微小エリアの二次元の配列とする。そして、これら微小エリアに番地が付され、各番地により、実際に自動掃除機 1 が走行す

る床面上の位置と微小エリアとを対応させる。自動掃除機 1 が使用開始される初期状態では、初期値として、各微小エリアに "0" ビットを書き込んでおく。障害物などが在る地点 (X_i, Y_i) が前述した方法で求められると、その地点 (X_i, Y_i) に当たる番地の微小エリアに "1" ビットを書き込んで行く。その微小エリアの番地 Ad_{ds} は、自動掃除機 1 の起点となる微小エリアの番地を Ad2 とすると、

$$Ad_{ds} = Ad2 + X_i / \Delta a + (Y_i / \Delta a) \times H \quad \dots 03$$

で得る事ができる。この様にして障害物地図は RAM 26c 上に記憶できる。

掃除地図の場合も同様であり、自己の位置 (X_i, Y_i) が先の計測方法で計算されれば、その地点 (X_i, Y_i) に当たる番地 Ad_{di} は

$$Ad_{di} = Ad3 + X_i / \Delta a + (Y_i / \Delta a) \times H \quad \dots 04$$

で計算されるので、その番地の微小エリアに "1"

ビットを書き込んで行けば良い。ただし、第9図に示す様に、掃除地図の場合は、掃除機の吸口部22（第3図）の幅に対応した複数の番地の微小エリアに一度に“1”ビットを書き込んで行く。こうする事により、自己の掃除した場所を記憶させる事ができる。なお、第9図に於て、1は自動掃除機、2、3は車輪である。

以上の様にして各地図が得られるが、第1図をより具体的に示した第10図により、この実施例をさらに具体的に説明する。なお、第10図において処理S2～S16は第1図の処理101に対応し、処理S10、S11、S13、S14は同じく処理102に対応し、処理S17、S18は同じく処理103に対応し、処理S19、S20は同じく処理104に対応する。

S1：まず、RAM26c内の、自己（自動掃除機）の位置、方向のデータを初期設定するとともに、障害物地図、掃除地図を記憶するメモリエリアの各番地の微小エリアに“0”ビットを書き込み、障害物などで自動掃除機1を旋回する方向を決める変数UTを“0”とする。

可否かを、第11図の様に、RAM26c上に作成された障害物地図を検索して判断させる。移動中の自動掃除機の位置（ X_i 、 Y_i ）は処理S2によつて求められているから、今、座標軸Y軸と平行な向きに自動掃除機1が向いていた場合を例にとると、自己の座標（ X_i 、 Y_i ）から、所定の閾値 ΔV だけ離れた場所（ X_i 、 $Y_i + \Delta V$ ）に対応した障害物地図の番地を中心とし、横一列に一定数の番地の微小エリア内容が障害物データである“1”なる値が書き込まれているか検索する。そして、“1”なる値がなければ前方に障害物はないと判断し、“1”が書き込まれていれば、前方に障害物ありと判断する。

S5'：S5で障害物なしと判断すると、S5と同様に、今度は位置（ X_i 、 $Y_i + \Delta V$ ）に対応した掃除地図のメモリエリアの番地を中心し横一列で一定数の番地の微小エリアの内容が、掃除したというデータである“1”があるかどうか検索する。この処理で一度掃除した領域へは自動掃除機1は進入しない事になる。

S2：ジャイロ24とロータリエンコーダ10、11のデータをインターフェース回路26dを通じてCPU26aに取り込み、そのデータにより、先述した位置計測方法に従つて自動掃除機1の位置と方位 X_i 、 Y_i 、 θ_i を算出し（式(3)～(9)を用いる）、RAM26cに記憶する。

S3：次に、障害物検出装置25で障害物などを検知されると、障害物検出装置25から得られるデータをもとに、自動掃除機1と障害物までの距離 L_i と角度（方向） α を先の計測方法に従つて求め、さらに障害物の位置データ（ X_s 、 Y_s ）を、S2で求めた X_i 、 Y_i 、 θ_i の情報を用い、先の式(10)、(11)より求める。そして、式(12)に従つて、障害物地図を構成する番地Add_sを算出し、RAM26cのメモリエリアのその番地に障害物データとして“1”を書き込み、障害物地図を形成していく。

S4：S2で求めた自己位置データ X_i 、 Y_i をもとに、前記した要領で、掃除地図を作成する。

S5：自動掃除機1の走行方向に障害物がある

S6：S5およびS5'で前方に障害物などがなく、かつ掃除していないと判断した場合は、自動掃除機1が直進する様に、CPU26aからインターフェース回路26dを経て速度制御回路20、21へ速度指令を出力し、モータ6、7を駆動して車輪2、3を回転させる。

S7：S5で前方に障害物あり、またはS5'で前方が掃除した場所であると判断した場合は、自動掃除機1を停止させる様に、CPU26aよりインターフェース回路26dを介して速度制御回路20、21に速度指令を出力しモータ6、7を停止させる。

S8：自動掃除機1の後記するUターンの方向の優先方向を決める変数UTの値が“0”か否かを判定する。

S9：変数UTが“0”のとき変数UTを1とする。

S10：そして自動掃除機1が右Uターンできる可否かを判定する。第12図は右Uターン時の地図検索を示す模式図である。同図に示す様に、本実施例では、右Uターンの場合、一度自動掃除機1

の右車輪2を図の様に左車輪3を中心にして2'の位置に来る様に後退させ、次いで、右車輪2'を中心にして左車輪3を回転させて、自動掃除機を1'に示す姿勢にする。この場合、CPU26aより、インターフェース26dを介して速度制御回路20,21へ速度指令を送り、モータ6,7を駆動する。こうする事によつて、自動掃除機1が往復走行を行う時、その吸口部22(第3図)は一定のずれ幅をもつて移動する事になるとともに、第12図に示した様に、既に掃除された部分と幅O、だけオーバーラップして移動することになるので吸い残しを防ぐ効果がある。また、左Uターンも右Uターンとは全く左右対称に逆の制御を行う事で達成できる。

上記したUターンをするためには、第12図の斜線で囲んだ範囲内に障害物があつてはならない。従つて、第12図で示した自動掃除機1の姿勢の時点の現在位置(X_1 , Y_1)を基点として、方形 $K1-K2-K3-K4$ で囲まれる範囲に当たるRAM26cの障害物地図上の番地の内容をくまなく

検索する。そして、検索した番地の中に、1個でも障害物のデータ、すなわち"1"の値が書き込まれている微小エリアがあれば、右Uターンは不可と判定させる。また、 $K1-K2-K3-K4$ に障害物データがない場合は、次に、第12図に示す様にRAM26cに作成されている掃除地図での、(X_1 , Y_1)を基点として、得られる格子で示す方形C。の場所にあたる部分の番地を検索し、掃除したというデータである"1"という値が書き込まれていれば、右Uターンは不可という判定をする。こうする事で、一度掃除した領域側にUターンをさせる事を防ぎ、2度同じ場所を掃除する無駄をなくす事ができ、効率的である。そして、掃除したデータが検索番地に書き込まれていなければ、ここで初めて、自動掃除機から見て右Uターンは可能と判断させる。

S11: 処理S10で右Uターン不可と判断すると、今度は左右対称の逆方向に、S10と同じ処理をほどこして左Uターン可能か否か判定する。

S12: 処理S8でUTが"0"でないと判定す

ると、ここでUTの値を"0"とする。

S13: 処理S11と同じ処理を行う。

S14: 処理S10と同じ処理を行う。

S15: 処理S10又はS14で右Uターン可能と判断した場合は、第12図で示した様にして右Uターンする。

S16: 処理S11又はS13で左Uターン可能と判断した場合は、第12図で示したものと反対方向へ、左Uターンする。

S17: S10とS11、又はS13とS14で、右にも左にもUターン不可と判断すると(この場合には、第2図では、自動掃除機1は地点Bにある)、後述する未掃除エリア検索を行う。

S18: 未掃除エリアが発見されればS19へ処理を移行し、未掃除エリアがなければ掃除終了とする。

S19: 処理S18で未掃除エリアありと判断すると、後述する経路探索方法に従つて、未掃除エリアまで移動する経路を求める。

S20: 未掃除エリアまでS19で求めた経路に従

つて移動する様、自動掃除機1を制御する。

これ以降、再びS2の処理にもどつて同様の制御をくりかえす。

以上の制御手順により、自動掃除機1を制御する。

次に、上記の処理S17の未掃除エリア検索方法及び処理S19の経路探索方法について説明する。

上記の制御手順に従つて、自動掃除機1を制御すると、第2図に示した様に、自動掃除機1は、出発地点Aから破線で示した様にジグザグ走行をくり返し、地点Bに達する。この時点で左右どちらかにUターン可能か否かS13及びS14の処理で判定を行うが、自動掃除機1から見て左側は壁、すなわち障害物があるという事がRAM26c上に作成された障害物地図より判定される。また、自動掃除機1から見て右側は、既に一回走行して掃除をしている領域である事がRAM26c上に作成した掃除地図より判定され、右Uターン不可と判定する。これにより、処理S17へと処理を移行する。

第13図は地点Bに達した時点でのRAM26cに作成された掃除地図を示し、第14図は同じくRAM26c上に作成された障害物地図を示す。特に、第14図に示す障害物地図は、X軸側からみて障害物のかげになつた障害物の辺や範囲 α で示す壁の部分は障害物検出装置25(第3図)で検出されずに不明ではあるが、出発地点Aから地点Bに走行する間に、実際の掃除すべき部屋内の状態にほぼ近いものとなつている。

そこで、以上の様に作成された障害物地図及び掃除地図からどの様にして未掃除エリアを検出するかを述べる。

第13図及び第14図に示した正方形 $s-t-u-v$ を検索エリアと呼ぶ事にする。この検索エリアは、第15図に示す様に、地図の最小構成要素であるRAM26cのメモリエリアの微小エリアが、縦 n 個、横 m 個集まつてなる正方形のエリアであり、自動掃除機1の吸口部22の断面積に対応した広さをもち、未掃除エリア検索においてまとめて検索する範囲である。

たというデータがなく、かつ処理S22で障害物のデータが書き込まれていなければ、その検索エリアに当たる部分を未掃除エリアとする。

S24: 処理S21で設定した検索エリア内の番地に掃除したデータありと判断するか、又はS22で、設定した検索エリア内に障害物データがあれば、その検索エリアを設定した場所は掃除したエリアとする。すなわち、障害物の領域も掃除した領域とする。

以上の処理S21~S24を、第13図に示す方形 $s-k-l-m$ の範囲内で、くまなく検索エリアを移動させて行えば、第13図に示す様に、検索エリアが未掃除エリアに入り込む。検索エリアが最初に未掃除エリアに入り込んだときのこの検索エリアの正方形のエリアを n とすると、このエリア n の中心点が、第2図で示したように、自動掃除機が未掃除エリアに移動するための目標地点Dである。

次に、このようにして見つけた未掃除エリアの地点Dに自動掃除機1を移動させるための経路を見つけるための、第10図の経路探索方法を第17図

この検索エリア内において、第16図に示す様な処理手順を実行する事によつて未掃除エリアであるか否かの判断を行う。

S21: 検索エリアを矢印X'方向に順次ずらしながら矢印Y'方向に移動走査させ、このエリアに含まれる番地に掃除したデータがあるかないか、すなわち1なるデータが書き込まれているかどうか、RAM26c上に作成された掃除地図上を検索する。この場合、掃除地図上のX軸方向の最大幅(5a)とY軸方向の最大幅(5b)で決まる四角の領域を掃除すべき領域とし、検索エリアはこの領域全体にわたつて検索するようにする。

S22: 処理S21で、検索エリア内に掃除したデータが書き込まれていない場合、今度は掃除地図に検索エリアを設定した場所と同じ場所に当たるRAM26c上に作成された障害物地図上に検索エリアを設定し、その設定した検索エリア内の番地に、障害物のデータである"1"なる値が書き込まれているか否かを検索する。

S23: 処理S21で、検索したエリア内に掃除し

を用いて説明する。

第17図に於て、点S(X_{sr}, Y_{sr})は第2図の地点Bに相当する現在自動掃除機1が停止している地点、点T(X_r, Y_r)は自動掃除機1がこれから移動するべき目標点(第2図の地点Dに相当する)である。

ここで、まず中継点としてX座標が点SのX座標に等しくY座標が点TのY座標に等しい点A1(X_{sr}, Y_r)とX座標が点TのX座標に等しくY'座標が点SのY座標に等しい点A2(X_r, Y_{sr})とを選ぶ。そして、経路S-A1-T(第17図に示した斜線の部分)に障害物があるかどうかを、幅 w をもつて、RAM26c上に作成されている障害物地図から検索する。幅 w は、自動掃除機1が、十分に通過できるだけの値である。すなわち、経路探索時には、幅 w のみで、まとめて、障害物地図上の番地を検索する。そうすれば、第14図に得られている様な障害物地図上を検索した場合、現在の自動掃除機1の停止点Bから未掃除エリアの目標地点Dまでの地点Cを経由した経路を見つ

ける事ができる。

以上に述べた経路探索により、第2図に示した様な単純な構成の室内ならば、短時間に経路を算出できる。以下、上記の経路探索方法を基本として、より多様な障害物のある室内に対応できる様に拡張した例を説明する。

第18図は、室内の左端に障害物 $q-r-s-t$ が存在する場合の自動掃除機1の走行経路を示す模式図である。

同図において、まず、自動掃除機1は、出発地点Fより出発し、先に第10図で述べた制御方法で制御すると、第18図の様にジグザグ走行をくり返し、地点Gに至る。そして、第13図、第14図で説明した未掃除エリア検索方法で、未掃除エリア中の地点Jを囲む正方形のエリアを見つけ出す。この場合、第17図に示す移動目標点 $T(X_r, Y_r)$ が第18図の地点Jに、自動掃除機1の現在の停止点 $S(X_s, Y_s)$ が地点Gになる。この室内の状態では、先に述べた経路探索方法のみでは、障害物 $q-r-s-t$ が経路を阻み、経路を見つけ

出す事ができない。そこで、経路探索方法を以下の様に拡張する。

まず、第17図に示したように、 $T(X_r, Y_r)$ とY座標が等しい点 $P1(X, Y_r)$ と $A2(X_r, Y_s)$ とY座標が等しい点 $P2(X, Y_s)$ を設定する。そして $P1$ と $P2$ のX座標は常に等しくしておき、このX座標の値を X_r から徐々に増加させる毎に、すなわち第17図の様に右側にずらしながら、点 $P1$ と点 $P2$ で結ばれる経路を、幅 w の範囲で、RAM26c上に作成された障害物地図を検索し、もし検索した範囲内に障害物がなければ、その時の点 $P1$ と点 $P2$ を経路の中継点とし、経路を $S-P2-P1-T$ と決定する。この処理を点 $P1$ と点 $P2$ のX座標の値が X_s になるまでくり返しても経路が決定できない場合は、第17図に示す様に、点 $P1, P2$ のX座標の値を X_r より始めて徐々に減少させ、すなわち $P1$ と $P2$ を互いに左側にずらし、 $P1-P2$ で結ばれる幅 w の範囲で、障害物地図を検索し、そして検索した範囲内に障害物がなければ、その時の $P1$ と $P2$

を経路の中断点とし経路を $S-P2-P1-T$ と決定する。この処理で、第18図の場合においては、地点 $G-H-I-J$ を結ぶ経路が算出される。そして、自動掃除機1は、まず、この経路に沿って未掃除エリアの目標地点Jまで移動し、それから未掃除エリアをジグザグ走行して地点Kまで移動したときに、その未掃除エリアの掃除を終了する。

なお、この場合、自動掃除機1は停止点Gから目標地点まで移動しているときも、掃除地図から未掃除の領域か否かを判定しており、例えば、第14図に示すように、中継点Cから目標地点Dまで移動する間に未掃除エリアを通過するときには、同時に掃除も行なう。

以下、上記した経路探索方法を、第17図と第19図の流れ図を用いて説明する。

S25: まず移動目標点 $T(X_r, Y_r)$ と現在の停止点 $S(X_s, Y_s)$ との間の中継点として、 $A1(X_s, Y_s)$ 及び $A2(X_r, Y_r)$ を設定する。

S26: そして、 $S-A1-T$ 間に障害物がある

かどうか、RAM26c上に作成された障害物地図上を検索する。

S27: S26に於て障害物はないと判断されると、 $S-A1-T$ を経路と決定して経路探索を終了する。

S28: S26に於て障害物があると判断されると、次に、 $S-A2-T$ 間に障害物があるかどうか、RAM26c上に作成された障害物地図上を検索する。

S29: S28に於て障害物がないと判断されると、 $S-A2-T$ を経路と決定し、経路探索を終了する。

S30: S28に於て障害物があると判断されると、次に $T-A1$ 間、及び $A2-S$ 間に障害物があるかどうかRAM26c上に作成された障害物地図上を検索する。

S31: S30に於て障害物ありと判断した場合、経路は見つからないとして経路探索を終了する。

S32: S30に於て障害物はないと判断すると、経路の中継点として、 $P1(X, Y_r)$ 及び $P2$

(X , Y_r)を設定する。

S33: S32で設定したP1とP2のX座標を、移動目標点であるT点のX座標 X_r とする。

S34: 点P1 - P2間に、障害物があるかどうか、RAM26c上の障害物地図上を検索する。

S35: S34に於て、障害物がないと判断して、経路をS - P2 - P1 - Tと決定し、経路探索を終了する。

S36: S34に於て、障害物があると判断すると、次に、点P1, P2の現時点でのX座標に ΔX 増分したものを、点P1とP2の新たなX座標とする。

S37: そして、S36に於て設定した点P1, P2のX座標が、現在自動掃除機が停止している点S(X_{sr} , Y_{sr})のX座標、すなわち X_s と比較して、大きいか等しければ次の処理S38へ移り、小さければ、処理S34へともどつて処理をくり返す。

S38: ここで、点P1, P2のX座標を再び移動目標点T(X_r , Y_r)の X_r とする。

S39: S34と同様の処理を行う。

S40: S35と同様の処理を行う。

S41: S39に於て、障害物があると判断すると、次に、点P1, P2の現時点でのX座標から ΔX 減じたものを、点P1, P2の新たなX座標とする。

S42: そして、S41に於て設定した点P1, P2のX座標が、 X_{min} よりも小さいときは処理S43へ移り、大きい等しければ処理S39へと戻つて処理をくり返す。なお、上記の X_{min} は、第17図における左側の壁の位置のX座標の値であるとする。

S43: 経路は見つからないとして経路探索を終了する。

この実施例においては、経路探索は、S31, S43で打ち切る事にしたが、この後も、上記した原理をもとに拡張して行けば、より複雑な障害物の置き方になっている状態の室内に於ても、走行経路を見出す事ができる。しかも、この経路探索においては、X軸または、Y軸に平行な直線の組み合わせで経路を算出するとともに、最短経路を見

つける事はできないが、そのために検索に必要な、複雑な座標変換等を行う必要がないために、高速に演算処理を行い、経路を算出でき実用的である。(発明の効果)

以上説明した様に、本発明によれば、室内の障害物の形状等を教示する事なく、障害物のある部屋内の掃き残しなく掃除させる事ができ、人手に頼る事なく自動掃除機を提供できるし、

また、自動掃除機に、掃除した場所を記憶させる方式であるので、一度掃除した場所を再び掃除する事なく、効率的であるし、

また、経路探索において、最短距離を見つける事はしないが、その反面、経路探索に要する時間も大幅に短縮され、実用的かつ効率的な自動掃除機の制御方法を提供できるし、

また、本制御方式は、掃除機だけでなく、床面を塗装する等の場合にも、掃除機部を塗装機構に組み変えるだけでそのまま適用できる等上記従来技術の欠点を除いて優れた機能の自動掃除機の制御方法を提供することができる。

4. 図面の簡単な説明

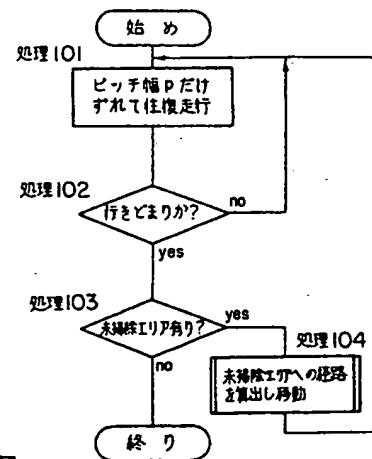
第1図は本発明による自動掃除機の制御方法の一実施例を処理手順で示す流れ図、第2図は自動掃除機が障害物のある室内を移動する走行軌跡を示す模式図、第3図は本発明に係る自動掃除機の側断面図、第4図は第3図におけるA₁ - A₂線平面断面図、第5図は第3図に示した自動掃除機のシステムブロック図、第6図は自動掃除機の位置計測及び障害物計測を説明するための模式図、第7図は第5図におけるRAMのメモリ配置図、第8図はこのRAM上の地図を記憶するエリアの拡大図、第9図は掃除地図の作成方法を示す模式図、第10図は第1図に示した自動掃除機の制御手順をさらに具体的に示す流れ図、第11図は自動掃除機の直進時における地図検索の状態を示す模式図、第12図は右Uターン時の地図検索を示す模式図、第13図は第6図におけるRAM上に作成された掃除地図を示す模式図、第14図は同じくRAM上に作成された障害物地図を示す模式図、第15図は未掃除エリア検索時の検索エリアを示す模式図、

第16図は未掃除エリア検索方法を示す流れ図、第17図および第18図は夫々経路探索方法を示す模式図、第19図は第18図に示した経路探索方法を説明する流れ図である。

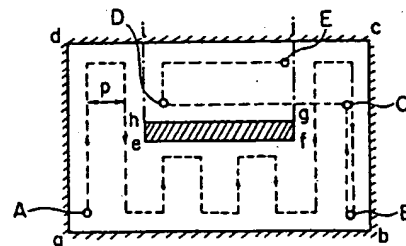
1…自動掃除機、2, 3…車輪、6, 7…モータ、8, 9…減速機、10, 11…ロータリエンコーダ、18, 19…タコジェネレータ、20, 21…速度制御装置、23…真空掃除機本体、24…ジャイロ装置、25…障害物検出装置、26…走行制御装置、27…蓄電池。

代理人 弁理士 武 頭次郎 (外1名)

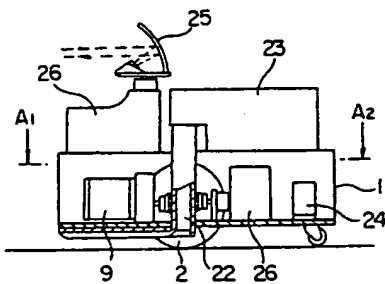
第1図



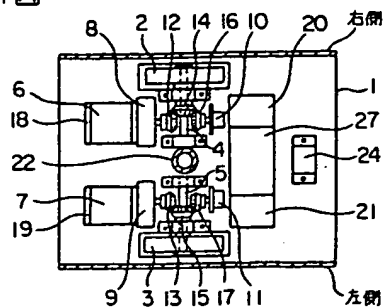
第2図



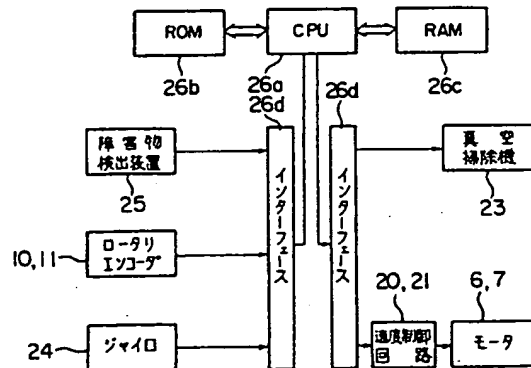
第3図



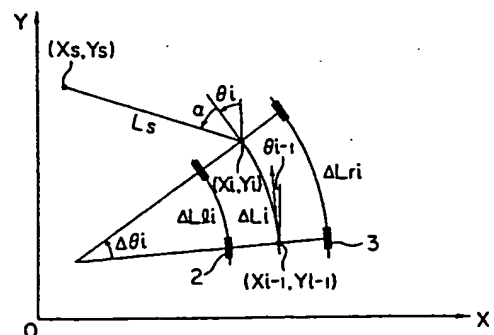
第4図



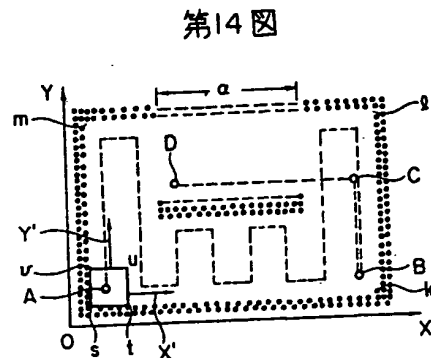
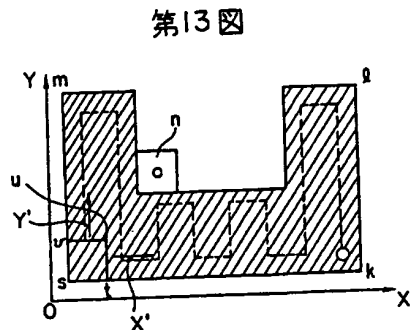
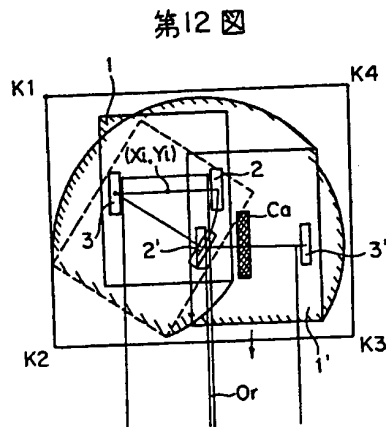
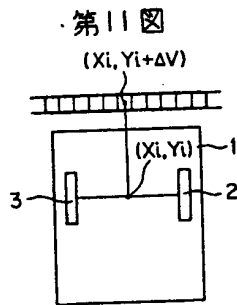
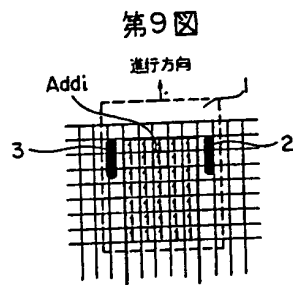
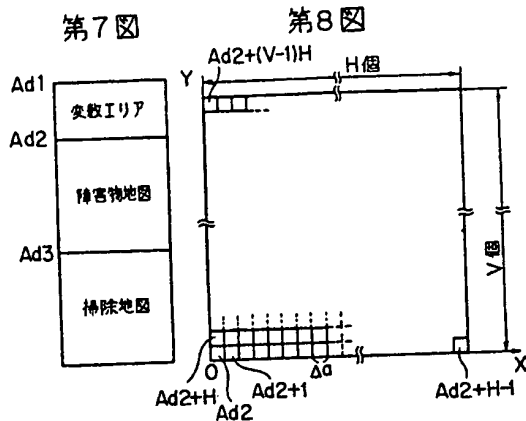
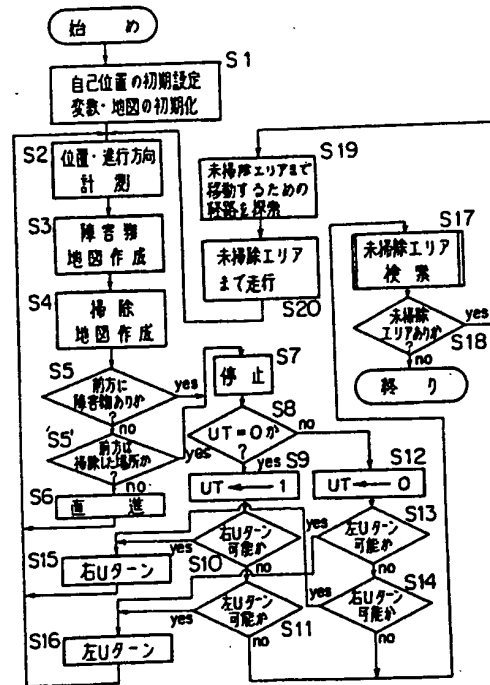
第5図



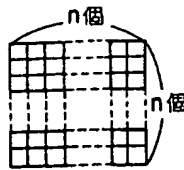
第6図



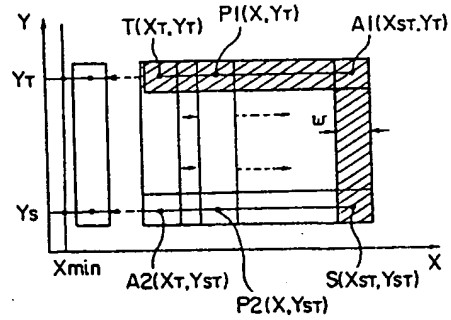
第10図



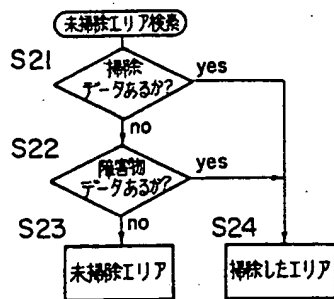
第15図



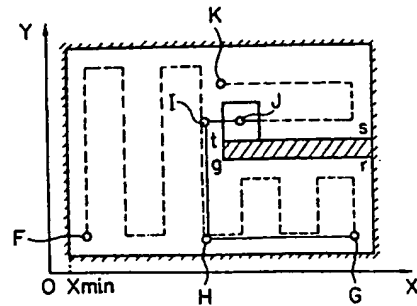
第17図



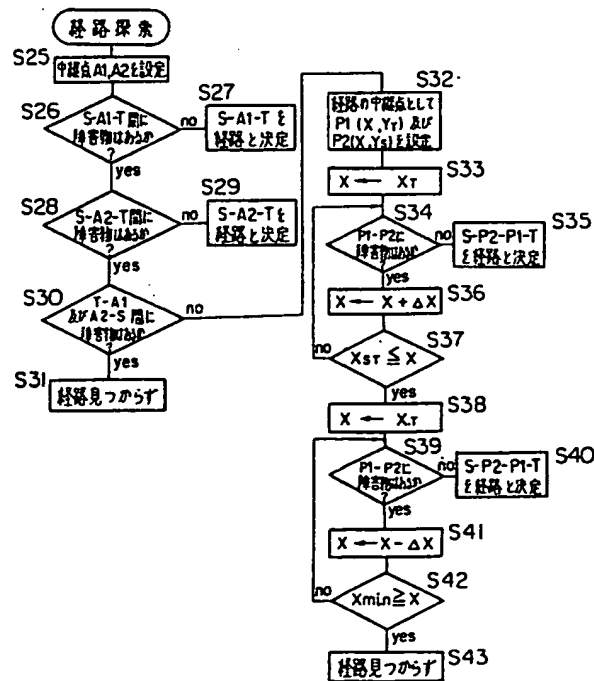
第16図



第18図



第19図



THIS PAGE BLANK (USPTO)